

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-13394

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月16日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 L	7/00		H 0 4 L 7/00	Z
G 0 6 F	1/12		G 0 6 F 1/04	3 4 0 D

審査請求 未請求 請求項の数 7 F D (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平8-179777

(22) 出願日 平成 8 年(1996) 6 月21日

(71) 出願人 390008235
ファナック株式会社
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

(72) 発明者 青山 一成
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

(72) 発明者 久保 義幸
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

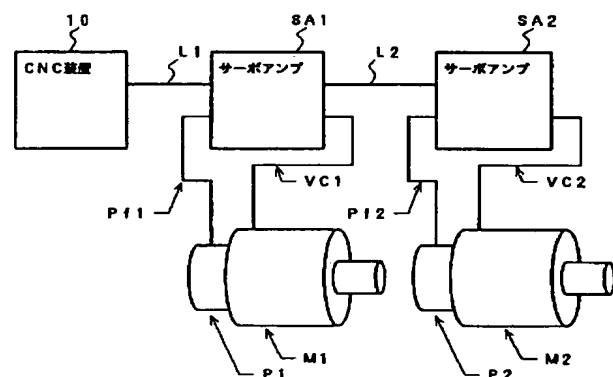
(74) 代理人 弁理士 竹本 松司 (外 4 名)

(54) 【発明の名称】 通信における同期方法

(57) 【要約】

【課題】 伝送線路による伝播遅延が問題になるような場合でも精度の高い各機器間の同期がとれる同期方法を提供する

【解決手段】 複数の機器を伝送線路で接続し同期して動作させる場合に適用する。例えば、CNC装置 10 とサーボアンプ SA 1、SA 2 がデイジーチェーン方式で接続されている。パルスコード P 1、P 2 で検出される各サーボモータ M 1、M 2 の位置を同期して同一時刻で読み出す。この場合、位置読み出し指令の同期信号が CNC 装置 10 から各サーボアンプ SA 1、SA 2 まで伝送線路 L 1、L 2 で伝播され、伝播遅延が生じるがこの伝播遅延時間をも補正して同期をとり、同一時刻のサーボモータ M 1、M 2 の位置を検出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリアル通信で接続し同期をとって動作する複数の機器の同期方法であって、同期信号が送信側から受信側まで伝播する伝播遅延時間を補正量として送信側もしくは受信側の機器に設定しておき、上記同期信号を上記補正量によって補正して上記複数の機器の同期をとるようにした通信における同期方法。

【請求項2】 データも同期信号も同一伝送線路で伝送される請求項1記載の通信における同期方法。

【請求項3】 上記同期信号はデータの伝送線路とは別の伝送線路で伝送される請求項1記載の通信における同期方法。

【請求項4】 上記複数の機器の1つに、伝送線路の種類と長さをパラメータとする伝播遅延時間を求める計算式もしくは伝送線路の種類毎その長さをパラメータとする伝播遅延時間を記憶するテーブルを設定し、該機器に伝送線路の種類と長さを入力することによって各機器間の伝送線路による伝播遅延時間を求め該伝播遅延時間より上記補正量を求めて各機器に設定する請求項1、請求項2もしくは請求項3記載の通信における同期方法。

【請求項5】 送信側から特定の信号を送信し、受信側では該特定の信号を受信すると直ちに送信側に返信し、送信側では上記特定の信号を送信して返信を受信するまでの時間を測定し、この測定値から伝播遅延時間を求め補正量として各機器に設定する請求項1、請求項2もしくは請求項3記載の通信における同期方法。

【請求項6】 同期信号が伝播する通信経路上の機器要素における遅延時間を上記送信側もしくは受信側の機器に予め設定しておき、上記複数の機器を伝送線路で接続した段階で、該伝送線路による遅延時間を上記送信側もしくは受信側の機器に設定し、この2つの遅延時間より補正量を求めて同期信号を補正し伝播遅延時間をも補正して上記複数の機器の同期をとるようにした請求項1乃至5記載の内1項記載の通信における同期方法。

【請求項7】 上記複数の機器は、デジチチェーン方式で接続されている請求項1乃至6記載の内1項記載の通信における同期方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、数値制御装置、ロボット制御装置及びこれら装置の周辺機器等の産業機器において、同期をとって動作しなければならない装置間の通信における同期方法に関する。

【0002】

【従来の技術】数値制御装置（以下CNC装置という）、ロボット制御装置及びこれら装置の周辺機器等の産業機械システムにおいて、複数の機器をシリアル通信で結んでシステムを構成し、それぞれの機器の間で同期をとって動作させる必要がある場合がある。例えば、CNC装置で駆動制御される工作機械等においては、工作

機械の送り軸の現在位置を検出する場合、同期をとって同一時刻における各軸の位置を検出しなければならない。又、各軸の移動も同期をとって移動させねばならない。このような同期をとるための信号はシリアル通信を介して伝達される。

【0003】例えば、図13に示すように、マスタ側とスレーブ側の2台の機器が通信で接続されているシステムにおいて、マスタ側の機器を基準にして、スレーブ側の機器をマスタ側機器に同期させて制御する場合、シリアル通信を介して同期をとる方法として、マスタ側の機器からスレーブ側の機器に対して同期をとるための基準となる時間に、タイマーから所定周期毎に同期信号送信要求信号を出し、送信制御回路で同期信号であることを示すパケット（フレーム）を送信して、パラレル/シリアル変換器でシリアル信号に変換してこのパケットを送信する。スレーブ側機器の受信制御回路ではシリアル/パラレル変換器を介してこのパケットを受けとる毎に自分自身の内部にあるシーケンサを動作させるか、あるいは、自分自身の内部にあるタイマーをマスタ側タイマーと一致するように制御する。以上のような方法は公知である。

【0004】マスタ側から送信される同期をとるためのパケットは専用のもの（この場合、一般のデータを含まない）でもよく、マスタ側からのデータの送信要求が必ず同期タイミングで発生するものであれば、このデータパケットそのものを同期情報として扱っている場合もある。図14にこのパケットの例を示す。そして、スレーブ側ではパケット全体を受信したことをもって同期信号として扱う場合も、パケットのヘッダ部分のみを同期情報として扱っている場合もある。シリアル通信でパケットを送信する場合、送信側で送信を開始するタイミングと受信側でデータの受け取りを完了するタイミングは、少なくともシリアルデータ長分の時間のずれが発生する。

【0005】図15は、図13に示す例において、上記タイミングのずれを説明する図である。そして、この図15ではヘッダ部分のみを同期情報（同期信号）として扱っている例を示している。マスタ側機器の内部タイマにしたがって周期的に送信要求が発生するものとし、今ある時刻（基準時刻 t_0 ）にマスタ側機器のタイマから送信要求信号が発生したとする。送信制御回路は、図14に示すようなパケットをパラレル/シリアル変換器に送信しシリアル信号にしてスレーブ側の機器に送信する。この送信要求信号発生時から伝送路にパケットが送信されるまでに遅れ D_1 がある。このパケットがスレーブ側の機器で受信される際、伝送線路上を信号が伝播する時間 D_p と同期化のための時間 D_2 の遅延時間が発生する。スレーブ側の機器では、ヘッダ部分の受信が完了して一定時間 D_3 後に初めてヘッダ部分が到着したことを知ることができるので、スレーブ側の機器で発生する

同期信号（ヘッダ部検出信号）は、図15に示すように、マスタ側機器で発生した送信要求信号の発生時 t_0 より、上記各遅れの合計（ $D_1 + D_p + D_2 + D_3$ ）だけ遅れたものとなる。

【0006】従来は、シリアル信号が伝送線路上を伝播する伝播遅延時間 D_p は無視できるものとしており、他の遅れ時間 D_1 、 D_2 、 D_3 は常に一定であり、マスタ側、スレーブ側の機器の設計時の回路構成から容易に求めることができる。そこで、従来は、スレーブ側機器の内部タイマで同期をとる場合において、この回路構成から求められる遅れ（ $D_1 + D_2 + D_3$ ）を補正值として、スレーブ側機器に設定しておき、スレーブ側機器で同期信号（ヘッダ検出信号）を検出した時点で内部タイマに上記補正量をセットして内部タイマを作動させ、該内部タイマがタイムアップした時刻（マスタ側機器において上記基準時刻 t_0 から同期をとる時刻 T までの時間から上記補正値を減じた値をタイマで計時した時）を同期時刻とすることによって、上記遅れ分を補正し同期をとるようにしていた。または、これとは逆に、マスタ側機器から送信を開始するタイミングを既知の上記遅れ分早く、スレーブ側機器では、同期信号（ヘッダ検出信号）を検出した時刻を基準時刻として内部タイマを制御することによって上記時間遅れを補正する方法がとられていた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】通信速度（ビットレート）が高速になるほど、シリアル通信の同期制御の精度は向上する。例えば、1Mbpsでは約1 μ sの精度だが、100Mbpsでは約10nsの精度となる。このような精度になってくると、信号がシリアル通信を伝播する時間 D_p を無視することができなくなる。伝送線路を信号が伝播する時間は、光ファイバーの場合は約5ns/mであり、例えば10m伝播するのに50nsの遅延が発生することになる。また、通信速度（ビットレート）が遅い場合においても、伝送線路が長い場合などは同様に伝播遅延は無視できなくなる。そこで、本発明の目的は、伝送線路による伝播遅延が大きくなっても精度の高い各機器間の同期がとれる同期方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、複数の機器をシリアル通信で接続し同期をとって動作させる場合、同期信号が送信側から受信側まで伝播する伝播遅延時間を補正量として送信側もしくは受信側の機器に設定しておき、該同期信号を上記補正量によって補正して上記複数の機器の同期をとるようにした。この場合同期信号はデータ用の伝送線路を用いて伝送しても、データ用とは別の伝送線路を用いて伝送してもよい。また、各機器間の上記伝播遅延時間は、上記複数の機器の1つ（マスタとなる機器）に、伝送線路の種類と長さをパラメータと

する伝播遅延時間を求める計算式もしくは伝送線路の種類毎その長さをパラメータとする伝播遅延時間を記憶するテーブルを設定し、該機器に伝送線路の種類と長さを入力することによって伝送線路による伝播遅延時間を求め該伝播遅延時間より上記補正量を求めて各機器に設定するようにする。

【0009】さらに自動的に求める方法として、送信側から特定の信号を送信し、受信側では該特定の信号を受信すると直ちに送信側に返信させ、送信側では上記特定の信号を送信して返信を受信するまでの時間を測定する。そして、この測定値から伝播遅延時間を求め補正量として各機器に設定する。また、同期信号が伝播する通信経路上の機器要素おける遅延時間は、機器の回路構成等が設計された段階で既知のものとなるから、この機器要素における遅延時間を上記送信側もしくは受信側の機器に予め設定しておき、上記複数の機器を伝送線路で接続した段階で、該伝播線路による遅延時間を上記送信側もしくは受信側の機器に設定し、この2つの遅延時間より補正量を求めて同期信号を補正し、伝播遅延時間をも補正して上記複数の機器の同期をとるようにした。そして、この方法はデジチェーン方式で接続された機器に対しても適用できる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、工作機械等を制御するCNC装置に適用した本発明の一実施形態を説明する。図1は、CNC装置におけるサーボシステムのブロック図である。マスタ側機器となるCNC装置10は、デジチェーン方式でスレーブ側機器となるサーボモータM1、M2の各サーボアンプSA1、SA2と接続されている。即ち、CNC装置10と第1のサーボモータM1のサーボアンプAS1は伝送線路L1で、サーボアンプAS1と第2のサーボモータM2のサーボアンプAS2は伝送線路L2で接続されている。なお、この実施形態では2つのサーボモータを有する例を記載しているが、軸数が増えてサーボモータがさらに増加した場合には、上述のように各サーボモータのサーボアンプ間が伝送線路で接続されるものである。

【0011】各サーボアンプSA1、SA2からはそれぞれのサーボモータM1、M2に対して指令電圧（電流）が供給され、各サーボモータM1、M2に設けられたパルスコーダP1、P2からは、各サーボモータM1、M2の位置を表すフィードバック信号Pf1、Pf2が各サーボアンプSA1、SA2に帰還されている。

【0012】図2は上記CNC装置10の要部ブロック図である。CNC装置10はプロセッサ101を有し、システムプログラムが記憶されたROM102、NCプログラムや各種データを記憶し、演算処理等に利用されるRAM（一部は不揮発性RAMで構成されている）103、送信制御回路104、受信制御回路105がバス接続され、また、タイマ回路108は所定周期毎にプロ

ら、この値Tも既知である。そこで、この既知の決められた位置情報を読み取るタイミングの経過時間Tに対する上記既知の遅れ時間($D0 + D1 + D2 + D3$)を補正值1として設定する。また、伝送線路上を信号が伝播するのに要する遅れ時間 Dp は、システムが決まり伝送線路の種類(材質)、長さが決まった段階で初めて分かるものであるから、システムが決まった段階で、この伝播遅れ時間 Dp を補正值2として設定するようにしている。

【0020】そして、加算器205で上記補正值1と補正值2を加算した値($D0 + D1 + D2 + D3 + Dp$)を求め、この値をタイマ回路206の初期値として設定する。タイマ回路206は、受信制御回路202からヘッダ検出信号(同期信号)S3を受信すると計時を開始し、設定時間Tに達するとラッチ及び送信タイミング信号S4をデータラッチャ210及び送信制御回路211に出力する。即ち、ヘッダ検出信号S3を受信してからラッチ及び送信タイミング信号S4が出力されるまでの時間は、($T - D0 - D1 - D2 - D3 - Dp$)となる。

【0021】可逆カウンタ207はサーボモータM1が所定量回転する毎に発生する符号を持ったパルスが発生するパルスコードP1からの帰還パルスをカウントし、サーボモータM1の位置を記憶している。ラッチ及び送信タイミング信号S4がデータラッチャ210に輸入されると該データラッチャ210は上記可逆カウンタ207の値をラッチし、送信制御回路211は、上記ラッチ及び送信タイミング信号S4を受信してこのデータラッチャ210にラッチされたサーボモータM1の位置情報、及びバッファ回路209に記憶する下流のサーボ

アンプ(SA2)から送られてきた下流のサーボモータ(M2)の位置情報にヘッダ部をつけてP/S変換器212に送信し、P/S変換器212は、図6に示すようにシリアル信号に変換してCNC装置10に送信する。

【0022】受信制御回路202がヘッダ部を読み取りタイマ回路206にヘッダ検出信号(同期信号)S3を送出するタイミングでは基準時刻 $t0$ よりすでに($D0 + D1 + D2 + D3 + Dp$)だけ遅れている。そして、タイマ回路は設定値($T - D0 - D1 - D2 - D3 - Dp$)を計時した時にラッチ及び送信タイミング信号S4

を出力しサーボモータの位置をラッチするものであるから、このラッチ時刻は基準時刻 $t0$ より上記遅れ時間とタイマ回路による計時時間の合計した分遅れている。即ち、

$$(D0 + D1 + D2 + D3 + Dp) + (T - D0 - D1 - D2 - D3 - Dp) = T$$

となり、予め決められた基準時刻 $t0$ より時間Tだけ遅れた時刻でサーボモータの位置情報がラッチされることになる。

【0023】下流のサーボアンプ、本実施形態のサーボ

アンプSA2においても上述したサーボアンプSA1と同様な動作を行うが、補正值2として設定される遅れ時間 Dp が相違するものである。(なお、遅れ時間 $D2$ や $D3$ もサーボアンプによって異なっていればこの値も相違している)

その結果、図4に示すように、各サーボアンプ毎にそのサーボアンプに対して生じる遅れが補正され、すべてのサーボアンプは基準時刻 $t0$ より決められた時間T遅れたタイミングで、各データラッチャが各サーボモータの位置情報をラッチするから、同時点でのサーボモータの位置が検出されることになる。そして、CNC装置10に送り込まれた各サーボモータの位置情報は、次の指令電圧計算に利用されることになる。

【0024】CNC装置10は、検出された各軸のサーボモータの位置に基づいて各軸を同期して位置、速度の制御を行うが、このサーボモータの位置を検出するタイミングが異なるとこの位置や速度の制御の精度が低下してしまう。しかし、本発明は、上述したように同一時刻に各サーボモータの位置が検出され、この位置が位置、速度の制御に利用されることから、精度の高い位置、速度制御を行うことができる。

【0025】上述した信号の伝播遅延時間 Dp は実際に測定して上記補正值2として設定すればよいが、伝送線路の仕様、特に、伝送線路の種類(材質)、長さから計算することによって推定することができる。伝送線路の種類(材質)、長さは伝播遅延時間 Dp を測定することに比べ容易に測定(特定)することが可能である。

【0026】そこで、予め伝送線路の種類毎にその長さをパラメータとする伝播遅延時間を算出する算出式、もしくは、伝送線路の種類毎に長さに対する伝播遅延時間を記憶するテーブルをCNC装置の不揮発性メモリ部分に設定記憶させておく、そして、システムが確定し、伝送線路の種類及び長さが決まった段階で、このシステムに電源が投入され通常の制御が開始する前に、伝送線路の種類及び長さを入力し補正值設定指令を与えることによって、上記算出式、もしくはテーブルより各軸の上記補正值2を求め対応する各サーボアンプのレジスタに自動的に設定するようにする。

【0027】上述した方法は、伝播遅延時間 Dp を直接測定してその値を補正值2として設定するか、伝送線路の種類(材質)、長さを設定することによって自動的に求め補正值2を設定するようにしたが、このシステム自体が自動的にこの伝播遅延時間 Dp を測定し、自動的に補正值2として設定する方法を以下第2の実施形態として説明する。

【0028】図7は、この第2の実施形態におけるCNC装置の要部ブロック図である。上述した第1の実施形態と相違する点は、受信制御回路105に接続された第2タイマ回路109が設けられ、かつプロセッサ101から遅延時間測定用のパケット送信信号S5が入力され

10

20

30

40

50

セッサ101に指令電圧計算開始指令信号S1を出力すると共に、プロセッサ101が指令電圧計算を終了するに十分な時間をおいてサーボアンプSA1、SA2への指令電圧送信開始指令信号S2を上記所定周期毎に送信制御回路104に出力するようになっている。また、送信制御回路104にはパラレル信号をシリアル信号に変換するP/S変換器106が接続されシリアル信号に変換された送信データは伝送線路L1に送り出される。また、伝送線路L1を介して入力される受信データはシリアル信号をパラレル信号に変換するS/P変換器107

10 に入力され該S/P変換器107は受信制御回路105に接続されている。
 【0013】図3は、サーボアンプSA1の要部ブロック図である。CNC装置10から伝送線路L1を介して送られてきたデータはS/P変換器201に入力されると共にバッファ回路203に入力される。このバッファ回路203は伝送線路L2に接続され、CNC装置10から受信したデータはそのまま次のサーボアンプSA2に送信される。S/P変換器201には受信制御回路202が接続され、パラレル信号に変換されたデータは受信制御回路202に入力されるようになっている。該受信制御回路202にはD/A変換器204が接続され受信制御回路202が出力する受信データはD/A変換器204でアナログ信号に変換されてサーボモータM1への電圧指令となっている。受信制御回路202はタイマ回路206に接続され該タイマ回路206にヘッダ検出信号(同期信号)S3を出力し、該タイマ回路206をスタートさせるようになっている。該タイマ回路206は、設定された補正值1と補正值2を加算器205で加算した値が同期信号の補正量としてセットされるようになっている。

30 【0014】タイマ回路206はラッチ及び送信タイミング信号S4をデータラッチャ210、送信制御回路211に出力し、パルスコーダP1からのフィードバックパルスをカウントする可逆カウンタ207の値をデータラッチャ210でラッチし、送信制御回路211は、このラッチした値、及びS/P変換器208を介して入力されバッファ回路209に記憶する下流のサーボアンプSA2からの送信データをP/S変換器212に出力してシリアル信号に変換して伝送線路L1に送出し、CNC装置10に帰還情報(サーボモータM1、M2の位置を表すデータ)として出力するように構成されている。

40 【0015】下流のサーボアンプも上述した図3と同様な構成を有しているが、当該サーボアンプの下流に他のサーボアンプが接続されていない場合、即ち本実施形態におけるサーボアンプSA2の場合には、バッファ203、S/P変換器208、バッファ回路209を必ずしも備える必要はない。次にこのシステムにおける同期動作について図1～図3及び図4に示す動作タイミング図を参照して説明する。

【0016】CNC装置10内のタイマ回路108は所定周期毎に指令電圧計算開始指令S1をプロセッサ101に出力する。なお、この指令電圧計算開始指令S1発生タイミングを基準時刻 t_0 とする。プロセッサ101は、指令電圧計算開始指令S1を受けると、RAM103内のNCプログラムを読み取り解析してすでに得られている移動指令と各サーボアンプSA1、SA2からフィードバックされ、S/P変換器107を介して受信制御回路105に入力されているフィードバックデータに基づいて、位置、速度のフィードバック処理を行い上記所定周期内に各軸のサーボモータに対する新たな指令電圧を計算し送信制御回路104に出力する。上記基準時刻 t_0 より所定時間D0遅れてタイマ回路108から指令電圧送信開始指令S2が図4に示すように発生し、送信制御回路104に入力される。

【0017】送信制御回路104は、指令電圧送信開始指令S2を受信すると、図5に示すように、各軸のサーボアンプSA1、SA2に対するデータに、同期信号として機能するヘッダ部を付したバケットをP/S変換器106に送出し、シリアルデータに変換して伝送線路L1に送出する。

【0018】サーボアンプSA1は上記バケットを受信するとバッファ回路203を介して下流のサーボアンプSA2にこのバケットを送信すると共に、S/P変換器201でパラレル信号に変換して受信制御回路202に出力する。受信制御回路202は、バケットのヘッダを読み取ると図4に示すように、ヘッダ検出信号(同期信号)S3をタイマ回路206に出力すると共に、自己のサーボアンプSA1に対する受信データをD/A変換器204に出力し、アナログ電圧に変換してサーボモータM1に出力する。なお、バケットのデータはその記憶位置(ビット)によって宛先が決められており、この実施形態では、ヘッダ部に続く設定数ワード分に2番目のサーボアンプSA2に対するデータが格納され、続いて1番目のサーボアンプSA1に対するデータが設定数ワード分に格納されており、各サーボアンプSA1、SA2は、バケットの対応する位置を自己に対するデータとして読み取るようになっている。

40 【0019】前述したように、指令電圧送信開始信号S2発生時からデータをシリアル化して伝送線路にバケットが送信されるまでの遅れ時間D1、受信側でシリアルデータを同期化するための遅れ時間D2、ヘッダ部受信完了を検出するまでの遅れ時間D3は、このシステムの各機器の回路構成の設計段階で既知であるから、その合計(D1 + D2 + D3)も既知である。また、指令電圧計算開始指令S1発生時(基準時刻 t_0)から指令電圧送信開始指令S2発生時までの遅れ時間D0も決められたものであり既知である。さらにサーボモータSA1、SA2の位置情報を読み取るタイミングは、上記基準時刻 t_0 からの経過時間Tとして決められるものであるか

るようになっている点において相違するのみである。なお、図2に示す構成と同一の構成は同一符号を付している。

【0029】また、図8はこの第2の実施形態におけるサーボアンプSA1の要部ブロック図である。図3に示す第1の実施形態のサーボアンプの構成と相違する点は、第2タイマ回路213と遅延時間測定用バケット検出回路214が付加され、遅延時間測定用バケット検出回路214は、下流側のサーボアンプからのデータを受信するS/P変換器208に入力側が接続され、出力側が上記第2タイマ回路213に接続されて、下流側のサーボアンプからの遅延時間測定用バケット受信信号S7を第2タイマ回路213に出力するようになっている。また、第2タイマ回路213は、受信制御回路202から遅延時間測定用バケット受信信号S6を受信するよう接続され、また、この遅延時間測定用バケット受信信号S6は送信制御回路211にも入力されている。さらに、第2タイマ回路213の出力は送信制御回路211に出力されるようになっている。以上の点が相違する点である。なお、図3に示す構成と同一の構成は同一符号を付している。

【0030】そこで、この第2実施形態において伝播遅延時間 D_p を自動測定する動作を以下説明する。通常の通信を開始する前に、遅延時間測定指令が入力されるとプロセッサ101は、遅延時間測定用バケット送信信号S5を送信制御回路104、及び第2タイマ回路109に出力する。第2タイマ回路109はこの信号を受信すると計時を開始する。また、送信制御回路104はこの信号を受けて遅延時間測定用バケットをP/S変換器106を介して伝送線路L1に出力する。なお、遅延時間測定用バケットと通常のデータバケットはヘッダ情報で区別している。

【0031】遅延時間測定用バケットを受けた上流のサーボアンプは、バッファ回路203を介して、そのまま下流のサーボアンプに遅延時間測定用バケットを送信する。以下最下流のサーボアンプまで遅延時間測定用バケットが同様に送信される。また、各サーボアンプでは、遅延時間測定用バケットのヘッダ部をS/P変換器201を介して受信制御回路202で受信すると、該受信制御回路202は、第2タイマ回路213及び送信制御回路211に遅延時間測定用バケット受信信号S6を出力し、この信号S6を受けて第2タイマ回路213は計時を開始し、送信制御回路211は返信用の遅延時間測定用バケットをP/S変換器212を介して伝送線路に送り出しCNC装置10もしくは上流のサーボアンプに送信する。

【0032】CNC装置10においては、S/P変換器107を介して受信制御回路105が返信用の遅延時間測定用バケットのヘッダを検出すると、第2タイマ回路109に信号を出力し、該第2タイマ回路109の計時

を停止させる。この第2タイマ回路109のカウンタ値は、上述したデータのシリアル化や同期化に伴う遅延時間等の既知の遅延時間($D_1 + D_2 + D_3$)とCNC装置10から最上流のサーボアンプまでの伝送線路(図1における伝送線路L1)の伝播時間 D_p の往復分の遅延時間の合計であり、この第2タイマ回路109のカウンタ値と上記既知の遅延時間($D_1 + D_2 + D_3$)から計算して伝播遅延時間 D_p を求めることができる。こうして求められた伝播遅延時間 D_p は、CNC装置から最上流のサーボアンプ(SA1)に送られ補正值2として設定される。

【0033】また、サーボアンプでは、当該サーボアンプより1つ下流のサーボアンプから返信用の遅延時間測定用バケットのヘッダ部をS/P変換器208を介して受信した遅延時間測定用バケット検出回路214は、遅延時間測定用バケット受信信号S7を第2タイマ回路213に送信し、該第2タイマ回路213の計時を停止させる。なお、下流のサーボアンプから受けとった返信用の遅延時間測定用バケットは上流には伝えられず捨てられる。その結果、各サーボアンプの第2タイマ回路213に記憶される値は、当該サーボアンプで受信制御回路202から遅延時間測定用バケット受信信号S6を発生した後、1つ下流のサーボアンプから返信用の遅延時間測定用バケットのヘッダ部を受信して遅延時間測定用バケット検出回路214から遅延時間測定用バケット受信信号S7が発生するまでの時間となる。

【0034】その後、CNC装置10は各サーボアンプに対してそれぞれ第2タイマ回路213の計測値を送信させる指令のバケットを送信し、このバケットを受信した各サーボアンプの受信制御回路202は、送信制御回路211に送信指令S8を送り、第2タイマ回路213の値をCNC装置10に送信する。

【0035】各サーボアンプの第2タイマ回路213の計測値は次のようになる。当該サーボアンプより上流の機器からの遅延時間測定用バケットが当該サーボアンプに到達した時刻を t_1 とする。時刻 t_1 から、この遅延時間測定用バケットが当該サーボアンプより下流のサーボアンプに送信され、これを受信した下流のサーボアンプが返信用の遅延時間測定用バケットを送信し、当該サーボアンプがこれを受信して第2タイマ回路213の計時を止めるまでの時間を t_2 とする。また、時刻 t_1 から、当該サーボアンプが上流の機器からの遅延時間測定用バケットを受信したことを検出し、第2タイマ回路213の計時を開始するまでの時間を t_3 とする。このとき第2タイマ回路213の計測値は($t_2 - t_3$)となる。即ち、時間 t_2 は、当該サーボアンプのバッファ回路203の処理時間、当該サーボアンプから1つ下流のサーボアンプまでの伝送線路の伝播遅延時間、1つ下流のサーボアンプにおける、S/P変換器201に遅延時間測定用バケットのヘッダ部が入力されてから受信制御

Sが上記補正值1と2に対応する遅延分だけ指令電圧計算開始信号S1より遅れ、かつサーボアンプSA2が受信する同期信号(SS2)はサーボアンプSA1が受信する同期信号(SS1)よりもCNC装置10間の伝送線路が長いからその分遅れるが、この遅れ分も補正值2で補正されているから、各サーボアンプSA1、SA2では同一時刻で可逆カウンタ210の値(サーボモータM1、M2の位置)をラッチし送信することになる。

【0044】上記各補正值2として設定される値は、同期信号線が1本の信号線でCNC装置10と各サーボアンプSA1、SA2と接続されているから、簡単に測定して求めることができる。また、この信号線の種類(材質)と長さが分かれば簡単に計算によっても求められることができ、前述したように、この計算式、もしくは信号線の種類(材質)と長さに対応する伝播遅延時間を記憶テーブルとして予めCNC装置に入力しておき、信号線の種類(材質)と長さを入力することによって求めてもよい。なお、この実施形態においては、上述したことから明らかなように、通信方式がデイジーチェーン方式であっても、CNC装置と各サーボアンプとをそれぞれ直接接続する方式でも全く同じ方法が適用できるものである。

【0045】なお、上記各実施形態では、補正值1、補正值2を加算器205で加算してタイマ回路206に補正值として設定したが、補正值2を求める時に補正值1をも考慮して補正量を求め、この補正量を各サーボアンプに設定するようにしてもよい。この場合には、加算器205が必要でなくなる。また、デイジーチェーン方式で接続されておらず、CNC装置とそれぞれ伝送線路で接続されているのであれば、上記補正量をCNC装置側にセットとておき、CNC装置10から各サーボアンプに対して補正量を考慮して同期信号をそれぞれ送信するようにしてもよい。

【0046】さらに、上記各実施形態では、CNC装置を用いたサーボシステムに本発明を適用した例を説明したが、マスターとスレーブとの関係にあるものをも含め複数の機器間を通信で結合し、この複数の機器間で同期をとって動作する必要のあるシステムに対して本発明は適用できるものである。

【0047】

【発明の効果】本発明は、複数の機器間を通信伝送線路*

*で接続し同期をとって各機器を動作をさせるような場合、伝送線路における伝播遅延時間をも考慮して同期をとるようにしたから、各機器間での同期ずれはなく、正確に同期がとれ正確な制御ができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態のCNC装置におけるサーボシステムのブロック図である。

【図2】同実施形態におけるCNC装置の要部ブロック図である。

10 【図3】同実施形態におけるサーボアンプの要部ブロック図である。

【図4】同実施形態における動作タイミングチャートである。

【図5】同実施形態におけるCNC装置から各サーボアンプに送信するパケットの説明図である。

【図6】同実施形態におけるサーボアンプからCNC装置に入力されるパケットの説明図である。

【図7】本発明の第2の実施形態のCNC装置の要部ブロック図である。

20 【図8】同第2の実施形態におけるサーボアンプの要部ブロック図である。

【図9】本発明の第3の実施形態のCNC装置におけるサーボシステムのブロック図である。

【図10】同第3の実施形態におけるCNC装置の要部ブロック図である。

【図11】同第3の実施形態におけるサーボアンプの要部ブロック図である。

【図12】同第3の実施形態における動作タイミングチャートである。

30 【図13】マスタ側とスレーブ側の2台の機器が通信で接続されている従来システムの説明図である。

【図14】上記従来システムの通信に用いられるパケットの説明図である。

【図15】上記従来システムにおける同期ずれを説明する説明図である。

【符号の説明】

10 CNC装置

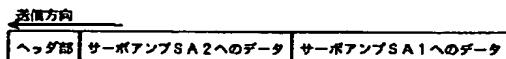
SA1、SA2 サーボアンプ

M1、M2 サーボモータ

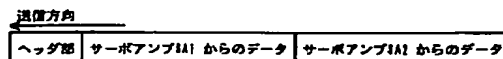
40 P1、P2 パルスコード

L1、L2 伝送線路

【図5】



【図6】



回路202から遅延時間測定用バケット受信信号S6を出力するまでの遅延時間（即ちS/P変換器201及び受信制御回路202の処理時間）、送信制御回路211、P/S変換器212での処理時間、さらに、1つ下流のサーボアンプから当該サーボアンプまでの伝送線路の伝播遅延時間、当該サーボアンプでのS/P変換器208での処理時間、遅延時間測定用バケット検出回路の処理時間の合計である。また、時間t3は当該サーボアンプのS/P変換器201及び受信制御回路202の処理時間の合計である。

【0036】この内、伝送線路の伝播時間を除いた値は、回路構成が設計された時点で分かる既知の値であるから、各第2タイマ回路の計測値と上記既知の値から各サーボアンプ間の伝送線路の伝播遅延時間は求めることができる。CNC装置は最上流のサーボアンプより1つ下流のサーボアンプに対しては、CNC装置10と最上流のサーボアンプまでの伝送線路による伝播遅延時間

（先に求めて最上流のサーボアンプに補正值2として設定した値）にこの最上流のサーボアンプより1つ下流のサーボアンプ間の伝送線路による伝播遅延時間を加算した値を補正值2として設定する。また、最上流のサーボアンプより2つ下流のサーボアンプに対しては、最上流のサーボアンプより1つ下流のサーボアンプと2つ下流のサーボアンプ間の伝送線路による伝播遅延時間を1つ下流のサーボアンプに補正值2として設定した値に加算してこの2つ下流のサーボアンプの補正值2として設定すればよい。以下同様にして、各サーボアンプに対して補正值2を設定する。

【0037】以上のようにして、複数のサーボアンプがデジチェーン方式で接続されていても伝播遅延時間Dpは自動測定し自動補正することができるものである。なお、サーボアンプがデジチェーン方式で接続されておらず、CNC装置とそれぞれ伝送線路で接続されているものであれば、各サーボアンプには、バッファ回路203、S/P変換器208、バッファ回路209、遅延時間測定用バケット検出回路214、第2タイマ回路213は必要がなく、各サーボアンプに対して遅延時間測定用バケットを送信し、返信用の遅延時間測定用バケットのヘッダを検出するまでの時間を測定し、CNC装置から各サーボアンプまでの伝播遅延時間Dpを求めるようにすればよい。即ち上述した最上流のサーボアンプまでの伝播遅延時間を求めた方法によって求めればよい。

【0038】上記各実施形態では、同期信号としてヘッダ部を用い、同期信号もデータの通信線を用いる例を示したが、同期用信号線はデータの通信線とは別に設ける方式でもよい。図9はこのデータの通信線とは別の同期用通信線を用いたときのサーボシステムのブロック図である。また図10は同方式によるCNC装置10の要部ブロック図、図11は同方式のサーボアンプSAの要部

ブロック図である。また図12は同方式における動作タイミングチャートである。

【0039】図9と図1を比較し相違する点は同期用信号線LSが設けられCNC装置10と各サーボアンプSA1、SA2が接続されている点で相違するのみである。また図10と図2を比較し相違する点は、タイマ回路108から出力される指令電圧計算開始信号S1が同期信号SSとして出力されている点である。さらに、図11と図3と比較し相違する点は、図3ではタイマ回路206に受信制御回路202からのヘッダ検出信号（同期信号）S3が入力されていたが、図11ではその代わりにCNC装置10からの同期信号SSが入力されている点である。なお、図1～図3と図9～図11において同一構成のものは同一符号を付している。

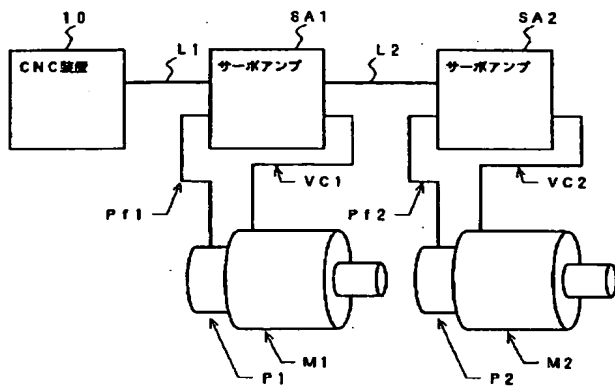
【0040】図12のタイミングチャートを参照しこの実施形態の動作を説明する。

【0041】CNC装置10のタイマ回路108から所定周期毎に指令電圧計算開始信号S1が出力され、プロセッサ101はこの信号を受けて指令電圧計算を開始し、タイマ回路108から指令電圧計算開始信号S1より遅れ上記所定周期毎発生する指令電圧送信開始信号S2によって、指令電圧バケットを送信制御回路104、P/S変換器106を介して各サーボアンプSA1、SA2に送信する点は図1～図3に示す第1の実施形態と同一である。この実施形態では、上記指令電圧計算開始信号S1が、データの通信線である伝送線路L1ではなく、別の同期用通信線LSによって同期信号SSとして各サーボアンプSA1、SA2に送信される。

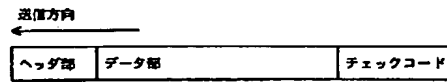
【0042】各サーボアンプSA1、SA2では、上記同期信号SSを受信してタイマ回路206をスタートさせるが、該タイマ回路206には加算器205より補正值1と補正值2を加算した値が補正量としてスタート前に設定されており、各タイマ回路206が一定時刻Tに達すると、ラッチおよび送信信号S4をデータラッチ210、送信制御回路211に出力し、この信号によってサーボモータM1、M2の位置がP/S変換器212からCNC装置10へ送信されることになる。

【0043】この実施形態においても、図1～3に示す実施形態と同様に指令電圧計算開始信号S1の発生時刻（t0）からT時間経過した時点におけるサーボモータM1、M2の位置を検出することが必要になる。同期信号SSは各サーボアンプ内で、内部クロックに同期した信号に変換される際に数クロックの遅延が発生する。この遅延分は、設計時に既知なので、これに対する補正量は補正值1として設定されている。また、補正值2としては、CNC装置10から各サーボアンプSA1、SA2までの同期信号の伝播遅延時間が設定されている。その結果、各タイマ回路206には、（補正值1+補正值2）が初期値として設定されることになる。図12に示すように各サーボアンプSA1、SA2では同期信号S

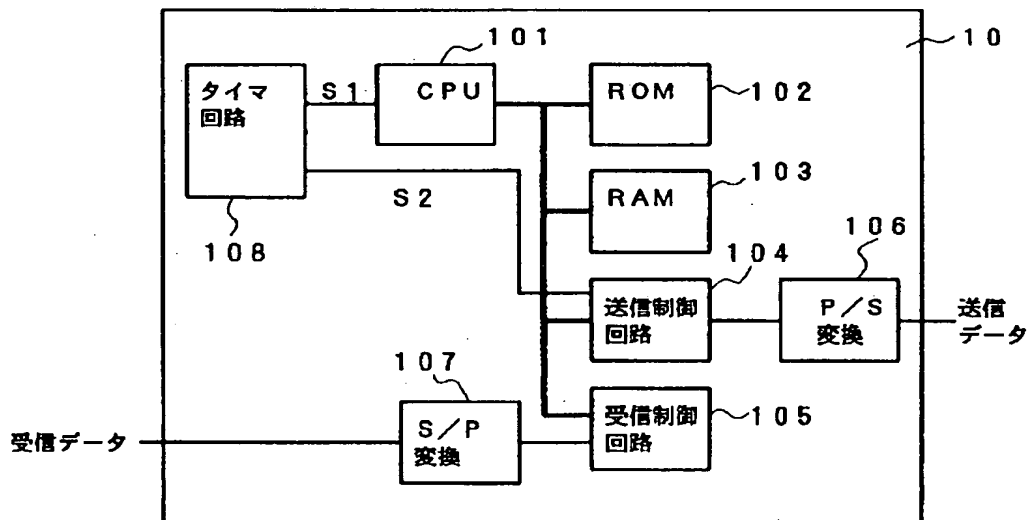
【図1】



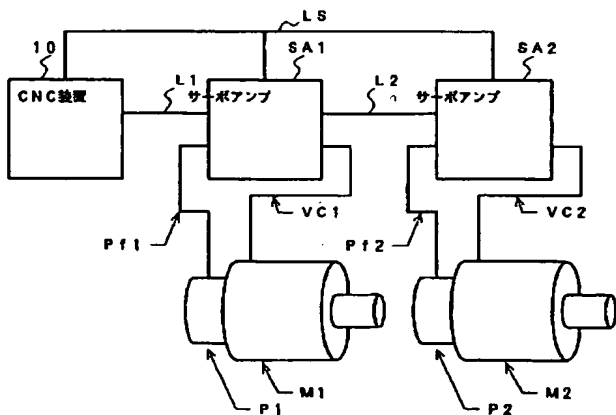
【図14】



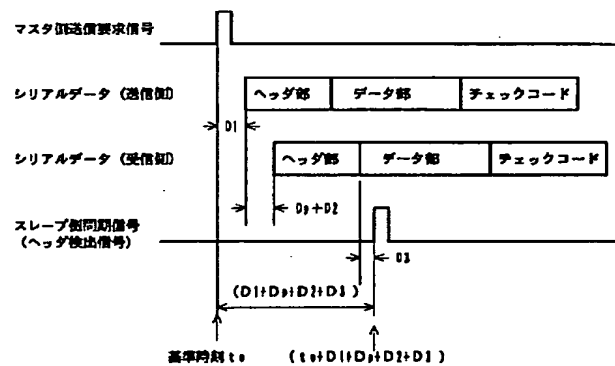
【図2】



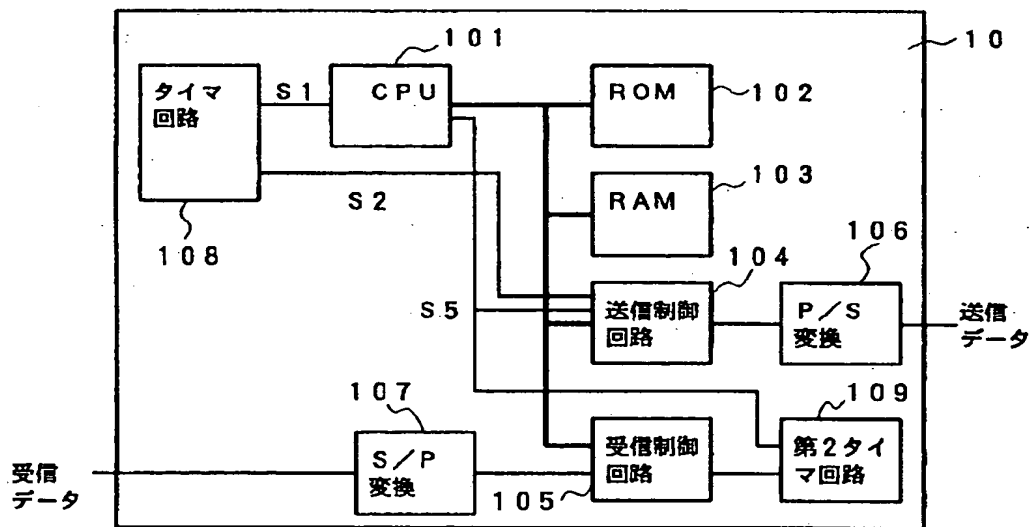
【図9】



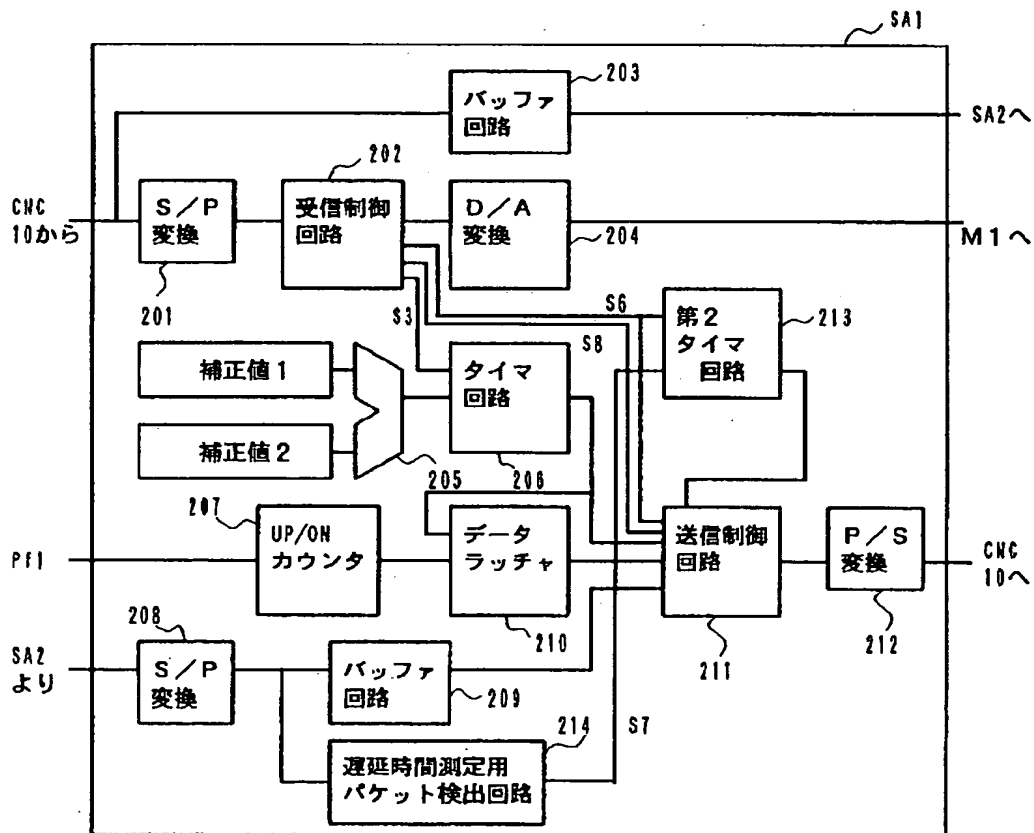
【図15】



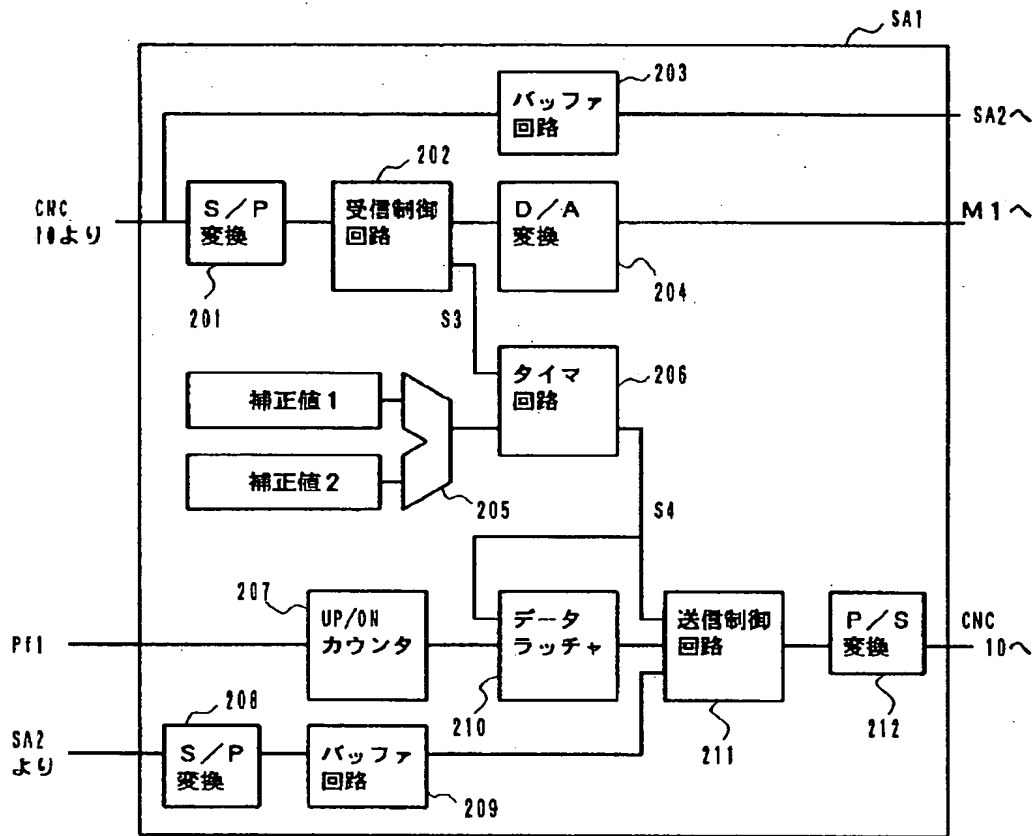
【図7】



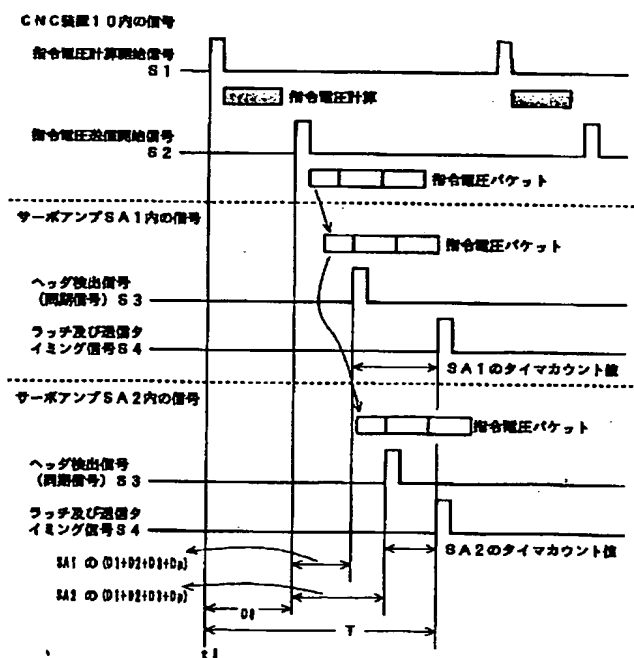
【図8】



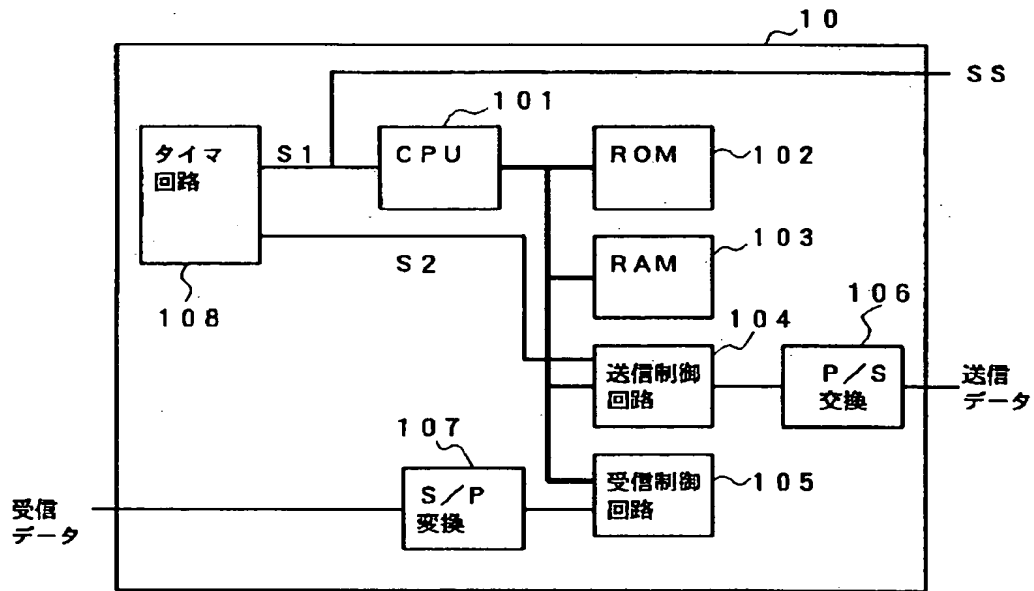
【図3】



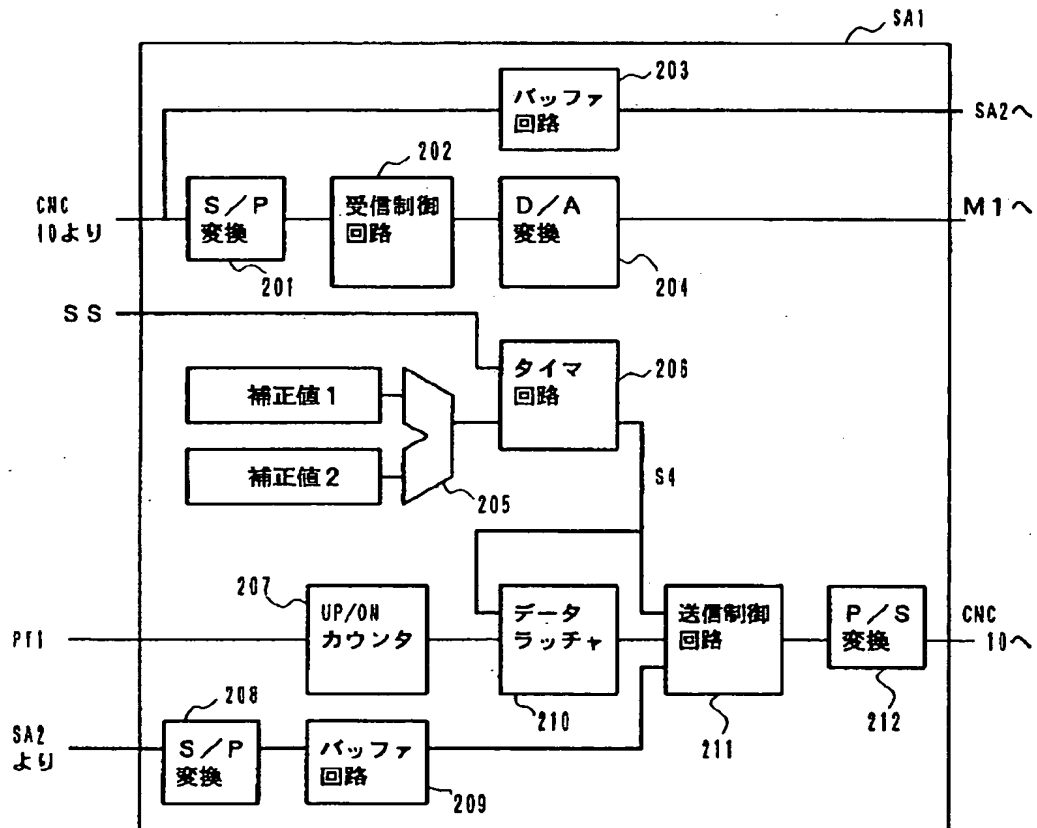
【図4】



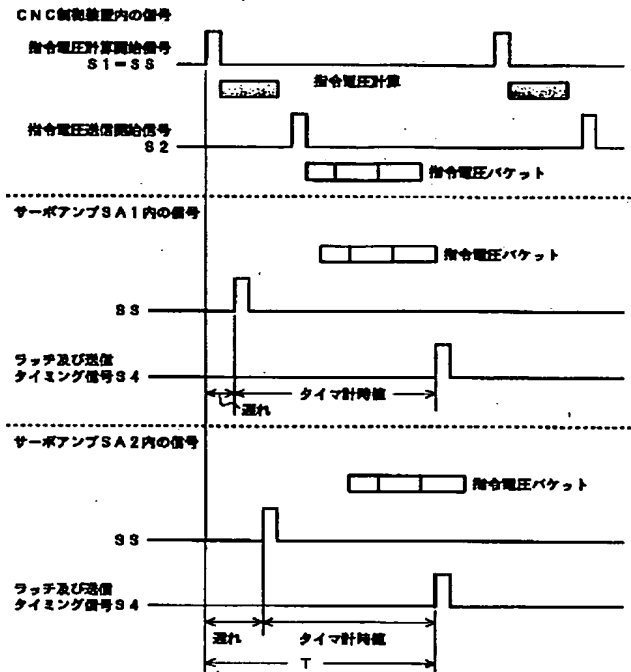
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

